

상변화 박막의 두께에 따른 상변화 메모리 소자의 지우기 전류 특성

최홍규*, 장낙원*, 김홍승*, 이성환**, 이동영**, 마석범***
 * 한국해양대학교, ** 위덕대학교, *** 용인송담대학

Reset current characteristics of PRAM with thickness of GST thin film

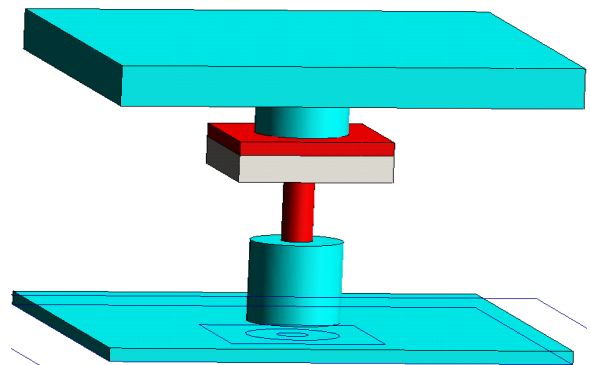
Hong-Kyw Choi*, Nakwon Jang*, Hong-Seung Kim*, Seong-Hwan Lee**, Dong-young Lee**, Suk-Bum Mah***
 * Korea Maritime University, ** Uiduk University, ***Yong-In Songdam College

Abstract - 본 연구에서는 상변화 메모리 소자의 상변화 재료의 두께에 따른 열전달 현상과 지우기 전류의 변화량을 3차원 유한 요소 해석 도구를 이용하여 해석하였다. 상변화 메모리의 하부전극과 상변화 소자의 접촉 부분에서 발생한 주울열은 상변화재료를 통해 상부전극 텅스텐으로 전달되어 외부로 빠져나간다. 상변화 재료 박막의 두께가 200[Å]인 경우는 상부전극을 통해 빠져나가는 열이 커지게 되어 상전이를 일으키는 지우기 전류가 크게 증가하는 특성을 보인다.

[°C] 까지 올라가 완전히 용융되어 비정질화가 일어나게 것을 볼 수 있다. 그림에서 보는 것과 같이 상변화 메모리에 2[mA], 50 [ns]의 지우기 전류를 인가했을 때의 구축된 유한요소 해석 모델의 발열온도와 실제 제작된 소자의 발열온도는 서로 같음을 알 수 있다.

1. 서 론

최근 배터리 없이도 데이터를 저장할 수 있는 초고속, 대용량, 저전력, 비휘발성의 새로운 메모리에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 그중에서 상변화 메모리 PRAM (Phase change random access memory)은 기존의 전하 축적 개념의 메모리가 아닌 기록과 재생에 필요한 저항의 차이에 의해 동작하는 메모리 소자로 제조공정이 단순하여 저가격화 달성이 용이하고, 나노스케일에 의한 고집적화를 실현할 수 있는 안정된 메모리로 최근 연구가 활발히 이루어지고 있다[1-5]. PRAM 에 이용되는 상변화 재료의 경우, 광 메모리 소자에 응용되면서 구조 및 결정 특성에 대한 연구는 꾸준히 이어지고 있으나, 반도체 메모리 소자로의 응용에 대한 연구는 그 기간이 얼마 되지 않아 소자의 구조 변화에 따른 전기적 성질 변화, 집적공정 진행에 따른 열화의 원인등에 대한 연구는 아주 미미한 실정이다. 특히, 상변화 메모리가 고집적화 될수록 상변화 재료의 크기와 두께가 작아지게 되어 상변화 재료의 발열 특성과 주변 물질로의 열전달이 특성인 소자에 미치는 영향에 대한 연구가 절대적으로 필요하다.



<그림 1> 상변화 메모리 소자의 유한 요소 해석 모델

따라서, 본 연구에서는 상변화소자의 상변화재료의 두께에 따른 주울열의 발생 및 열전달 현상을 3차원 유한 요소 해석 도구를 이용하여 해석함으로써 상변화 재료의 구조에 따른 발열 특성과 주변 물질로의 열전달이 메모리 소자의 동작에 미치는 영향을 알아보았다.

<표 1> 상변화 메모리 소자의 각 층의 물질 및 크기

Layer	재 료	크기[μm]	두께[A]
M1	W	1.5 X 1.5	1500
TEC	W	[지름] 0.30	2000
TE	TiN	0.5 X 0.5	500
GST	Ge ₂ Sb ₂ Te ₅	0.5 X 0.5	1000
Heater	TiN	[지름] 0.10	2500
BL	W	[지름] 0.30	3000

2. 본 론

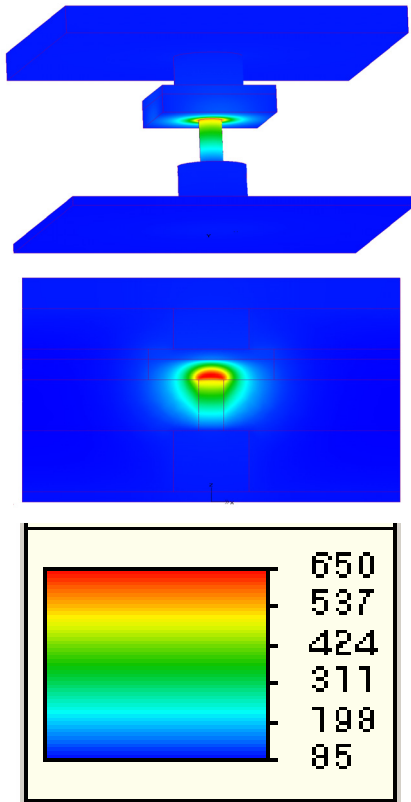
2.1 상변화 메모리 소자 해석 모델

본 연구에서는 Maxwell 방정식으로부터 유도되는 Laplace방정식과 경계 조건을 수치해석적인 방법을 이용하여 3D 구조로 모델을 구성하여 상변화 메모리 소자의 시뮬레이션 수행하였다. 상변화 메모리의 해석 모델을 구성하기 위해 상용 전자장 해석 도구인 Magnet, Thermnet를 이용하여 3차원 유한요소 모델을 구축하였다. 그림 1은 상변화 메모리 소자의 전자장 및 열전달 해석을 위해 구성된 해석모델이다. 구축된 상변화 메모리 모델의 발열전극과 상변화 물질은 현재 많이 연구되고 있는 TiN과 Ge₂Sb₂Te₅를 사용하였으며, 시뮬레이션에 있어서 중요한 변수인 각 층의 크기 및 두께는 표 1에 나타내었으며, 시뮬레이션에 이용한 각 물질의 물질상수를 표 2에 나타내었다.

<표 2> 상변화 메모리 소자의 각 층의 물질의 물질상수

물 질	전기전도도 (1/Ω·m)	열전도도 (J/cm·K·s)	비 열 (J/cm ³ ·K)	밀 도 (g/cm ³)
W	1.75x 10 ⁷	1.78	2.58	19.3
GST	2.4x 10 ⁵	0.018	1.2	2.698
TiN	1.0x 10 ⁶	0.13	3.235	5.4
SiO ₂	1.0x 10 ⁻¹⁴	0.014	3.1	2.33

상변화 메모리는 지우기 동작 시에는 강한 전류 펄스가 인가되어 상변화 재료의 국부적인 부분을 순간적으로 용융온도 이상으로 용융/급냉 시킴으로써 비정질상이 된다. 본 연구에 이용한 상변화 재료 Ge₂Sb₂Te₅의 용융온도는 632[°C]로 제작된 상변화 메모리가 지우기 동작 시에 이 용융온도까지 올라가 비정질화된다. 구축된 상변화 메모리 셀 모델에 지우기 전류 2 [mA], 50 [ns]를 인가했을 때의 발열온도의 분포를 그림 2에 나타내었다. 상변화 재료와 발열전극 접촉면에서 발생한 열은 상변화 재료로 전달되어 발열전극위의 영역에서 용융온도보다 조금 높은 650



〈그림 2〉 PRAM cell의 발열 온도 분포

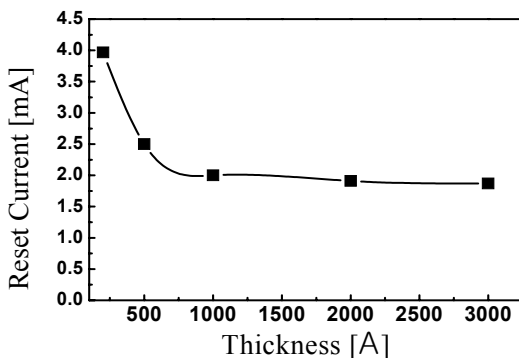
2.2 상변화 재료 두께에 따른 특성

상변화 메모리가 고집적화 될수록 상변화 재료의 크기는 작아지고 두께는 얇아지게 되면 열전달에 의해 동작이 결정되는 특성에 따라 동작 특성이 달라질 수 있다. 상변화 재료의 구조에 따른 발열 특성과 주변 물질로의 열전달이 메모리 소자의 동작에 미치는 영향을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

제작된 모델의 상부전극(TE)이 TiN 500[Å]일 때, 상변화 재료의 두께에 따른 지우기 전류 값의 변화를 알아보기 위해 GST 박막의 두께를 3000[Å] ~ 200[Å]으로 변화시키며 상변화 재료의 온도를 650 [°C] 까지 올리는데 필요한 지우기 전류의 값을 조사하였다.

시뮬레이션을 통해 구해진 지우기 전류 값을 그림 3에 나타내었다. 그림에서 보듯이 상변화 재료의 두께가 3000[Å]에서 1000 [Å]까지는 지우기 전류가 큰 변화 없으나 두께가 500[Å]일 때는 지우기 전류가 2.5 [mA], 두께가 200[Å]일 때는 지우기 전류가 3.97[mA] 로 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

이는 상변화재료의 접촉면에서 발생된 열이 상변화 재료와 상부 전극으로 전달되는 과정에서 상변화재료 GST막의 두께가 얇아 전달된 열이 상부전극과 접촉하면서 외부로 쉽게 전달되면서 빠져나감에 따라 상변화 재료의 온도를 상전이온도까지 올리기 위해서는 더 많은 지우기 전류가 필요한 것으로 생각된다.



〈그림 3〉 상변화 재료 두께에 따른 지우기 전류

3. 결 론

본 연구에서는 상변화 메모리 소자의 상변화 재료의 두께에 따른 열전달 현상과 지우기 전류의 변화량을 3차원 유한 요소 해석 도구를 이용하여 해석하였다. 상변화 재료의 두께에 따른 지우기 전류 값의 변화를 알아보기 위해 GST 박막의 두께를 3000[Å] ~ 200[Å] 으로 변화시키며 지우기 전류의 값을 조사하였다.

상변화 재료의 두께가 200[Å]일 때, 상변화재료 GST막의 두께가 얇아 발생된 열이 상부전극과 접촉하면서 외부로 쉽게 빠져나감에 따라 지우기 전류가 3.98[mA]로 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전략연구원(R-2005-7-068)주관으로 수행된 과제임

[참 고 문 헌]

- [1] S.Lai, T.Lowrey, "OUM - A 180 nm nonvolatile memory cell element technology for stand alone and embedded applications", IEEE IEDM Tech. Dig., pp803, 2001.
- [2] N. Akahira, N. Yamada, K. Kimura, M. Takao, "Recent Advances in Erasable Phase-Change Optical Disks", SPIE Vol.899 Optical Storage Technology and Applications, pp.188, 1988.
- [3] N.Yamada, E.Ohno, K.Nishiuchi, N.Akahira, M.Takao, "Rapid-Phase Transitions of GeTe-Sb₂Te₃ Pseudobinary Amorphous Thin Films for an Optical Disk Memory", J. Appl. Phys., Vol.69(5), pp.2849, 1991.
- [4] Y.H.Ha, J.H.Yi, H.Horii, J.H.Park, S.H.Joo, S.O.Park, U.I.Chung, J.T.Moon, "An Edge Contact Type Cell for Phase Change RAM Featuring Very Low Power Consumption" IEEE Symposium on VLSI Tech. Dig., pp.175, 2003.
- [5] S.H.Lee, Y.N.Hwang, S.Y.Lee, K.C.Ryoo, S.J.Ahn, H.C.Koo, W.C.Jeong, Y.T.Kim, G.H.Koh, G.T.Jeong, H.S.Jeong and Kinam Kim, "Full Integration and Cell Characteristics for 64Mb non-volatile PRAM", IEEE Symposium on VLSI Tech. Dig., pp.20, 2004.